

#2
Rec'd PCT/PTO 19 OCT 2004 10/511759
PCT 103/00337

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 4.7.2003

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT

REC'D 21 JUL 2003

WIPO PCT



Hakija
Applicant

Nokia Corporation
Helsinki

Patenttihakemus nro
Patent application no

20020820

Tekemispäivä
Filing date

30.04.2002

Kansainvälinen luokka
International class

H04B

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä signaalin rajoittamiseksi ja lähetin"

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

Marketta Tehikoski
Marketta Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 e
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Telefax: 09 6939 5328
Telefax: + 358 9 6939 5328

Menetelmä signaalin rajoittamiseksi ja lähetin

Ala

Keksinnön kohteena on menetelmä signaalin teho- tai amplitudi-arvojen rajoittamiseksi chippitasolla (limit) lähettimessä ja lähetin.

5 Tausta

Useissa tiedonsiirtojärjestelmissä tehovahvistimen (power amplifier) lineaarisuus rajoittaa saavutettavissa olevaa maksimilähetystehoja varsinkin, kun lähetettävällä signaalilla on suuri huippu-keskiarvosuhde (Peak-to-Average Ratio). Tällöin tehovahvistimeen syötettävässä signaalissa saattaa esiintyä
 10 hetkellisesti korkeita teho- tai amplitudiarvoja, jotka täytyy tehovahvistimen mitoituksessa ottaa huomioon. Käytännössä tämä tarkoittaa vahvistimen tulossignaalin skaalaamista pienemmälle teho- tai amplituditasolle kulloinkin käytössä olevan tiedonsiirtojärjestelmän spektrivaatimusten täyttämiseksi. Tämä back-off:ksi kutsuttu menetelmä aikaansaa sen, että vahvistettava signaali sijaitsee
 15 alueella, jossa vahvistimen siirtofunktio on lineaarisempi. Ongelmana on kuitenkin se, että back-off huonontaa vahvistimen ja/tai lähetimen hyötysuhdetta. Toisaalta tehovahvistimet, joilla on laaja lineaarinen toiminta-alue, ovat kalliita ja niillä on varsin huono hyötysuhde.

Erilaisia signaalien teho- tai amplitudiarvojen rajoitus- eli leikkaus-
 20 menetelmiä (clip) on kehitetty tunnetussa tekniikassa. Tunnetun tekniikan mukaiset menetelmät yleensä kuitenkin muuttavat signaalia siten, että koodijakomonikäyttöjärjestelmissä eri käyttäjäkohtaisten koodien ortogonaalisuus ei enää säily. Joskus lähetteen tehoa tai amplitudia ei voida käytännössä rajoittaa, jotta ilmaisu tilaajapäätelaitteen vastaanottimessa onnistuu, koska käy-
 25 tään monitasoista (multilevel) modulaatiomenetelmää, jossa symbolit sijaitsevat niin lähellä toisiaan signaalitilakuviossa (signal space diagram), että pienikin kohinan (noise) lisäys aiheuttaa virheen ilmaisussa (detection). Tällöin leikkaus pitäisi pystyä kohdentamaan vain niille lähetille, joita voidaan leikata. Järjestelmiä, jotka eivät siedä signaalin leikkaamista ovat esimerkiksi 3GPP
 30 (3rd Generation Partnership Project) ja standardointifoorumin tutkima High Speed Downlink Packet Access (HSDPA).

Lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on toteuttaa parannettu signaalin teho- tai amplitudiarvojen rajoitusmenetelmä ja laitteisto. Tämä saavutetaan menetel-

mällä signaalin rajoittamiseksi lähettimessä chippitasolla. Keksinnön mukaisessa menetelmässä määritetään rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta lähetettävästä signaalista, määritetään virhesignaali lähetettävän signaalin ja rajoittavan signaalin avulla, muodostetaan rajoitettu lähetettävä signaali vähentämällä chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu virhesignaali lähetettävästä signaalista.

Keksinnön kohteena on myös menetelmä signaalin rajoittamiseksi lähettimessä chippitasolla. Keksinnön mukaisessa menetelmässä määritetään rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta lähetettävästä signaalista, määritetään virhesignaali lähetettävän signaalin ja rajoittavan signaalin avulla, ortogonalisoidaan chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu virhesignaali, muodostetaan rajoitettu lähetettävä signaali vähentämällä ortogonalisoitu virhesignaali lähetettävästä signaalista.

Keksinnön kohteena on myös menetelmä signaalin rajoittamiseksi lähettimessä chippitasolla. Keksinnön mukaisessa menetelmässä yhdistetään ainakin kaksi eri kantaalloille moduloitua signaalia yhdistelmäsignaaliksi, määritetään rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta yhdistelmäsignaalista, määritetään virhesignaali yhdistelmäsignaalin ja rajoittavan signaalin avulla, jaetaan virhesignaali eri kantaalloille ennalta määrättyllä tavalla, muodostetaan rajoitettuja signaaleja vähentämällä kukin chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu virhesignaali osa vastaavasta lähetettävästä signaalista.

Keksinnön kohteena on myös signaalia chippitasolla rajoittava lähetin. Lähetin käsittää välineet määrittää rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta lähetettävästä signaalista, lähetin käsittää välineet määrittää virhesignaali lähetettävän signaalin ja rajoittavan signaalin avulla, lähetin käsittää välineet muodostaa rajoitettu lähetettävä signaali vähentämällä chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu virhesignaali lähetettävästä signaalista, lähetin käsittää välineet suodattaa rajoitettua lähetettävää signaalia pulssinmuokkaussuodattimella.

Keksinnön kohteena on myös signaalia chippitasolla rajoittava lähetin. Lähetin käsittää välineet määrittää ensimmäinen rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta lähetettävästä signaalista, lähetin käsittää välineet määrittää ensimmäinen virhesignaali lähetettävän signaalin ja ensimmäisen rajoittavan signaalin avulla, lähetin käsittää välineet ortogonalisoida chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu ensimmäinen virhesignaali,

lähetin käsittää välineet muodostaa ensimmäinen rajoitettu lähetettävä signaali vähentämällä ortogonalisoitu ensimmäinen virhesignaali lähetettävästä signaalista, lähetin käsittää välineet määrittää toinen rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta ensimmäisestä rajoitetusta lähetettävästä signaalista, lähetin käsittää välineet määrittää toinen virhesignaali ensimmäisen rajoitetun lähetettävän signaalin ja toisen rajoittavan signaalin avulla, lähetin käsittää välineet muodostaa toinen rajoitettu lähetettävä signaali vähentämällä chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu toinen virhesignaali lähetettävästä signaalista, lähetin käsittää välineet suodattaa toista rajoitettua lähetettävää signaalia pulssinmuokkaussuodattimella.

Keksinnön kohteena on myös signaalia chippitasolla rajoittava lähetin. Lähetin käsittää välineet yhdistää ainakin kaksi eri kantoaalloille moduloitua signaalia yhdistelmäsignaaliksi, lähetin käsittää välineet määrittää rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta yhdistelmäsignaalista, lähetin käsittää välineet määrittää virhesignaali yhdistelmäsignaalin ja rajoittavan signaalin avulla, lähetin käsittää välineet jakaa virhesignaali eri kantoaalloille ennalta määrätyllä tavalla, lähetin käsittää välineet muodostaa rajoitettuja lähetettäviä signaaleja vähentämällä kukin chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu virhesignaali osa vastaavasta lähetettävästä signaalista, lähetin käsittää välineet suodattaa rajoitettuja lähetettäviä signaaleja pulssinmuokkaussuodattimilla, lähetin käsittää välineet muodostaa yhdistetty rajoitettu lähetettävä signaali yhdistämällä suodatetut rajoitetut lähetettävät signaalit.

Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten patenttivaihtimusten kohteena.

Keksintö perustuu siihen, että rajoittamisessa käytettävä virhesignaali määritetään pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta signaalista, virhesignaali suodatetaan chippiin sovitetulla suodattimella ja suodatettu virhesignaali vähennetään viivästetystä lähetettävästä signaalista. Näin saatu rajoitettu lähetettävä signaali suodatetaan pulssinmuokkaussuodattimella. Keksinnön toisessa suoritusmuodossa myös ortogonalisoidaan signaaleja ja kolmas suoritusmuoto soveltuu monikantoaltojärjestelmiin. Menetelmän kaikille edullisille suoritusmuodoille on tyypillistä se, että signaalin rajoittamistarve määritetään pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta signaalista, mutta signaali, jota leikataan, on pulssinmuokkaussuodattimella suodattamaton signaali.

Keksinnön mukaisella menetelmällä ja lähettimellä saavutetaan useita etuja. Keksinnön mukaisella menetelmällä saadaan pienennettyä huippu-keskiarvosuhdetta (Peak-to-Average Ratio). Lisäksi, koska rajoitettu lähetettävä signaali suodatetaan pulssinmuokkaussuodattimella, teho- tai amplitudiarvojen rajoittamisen aiheuttama signaalin spektrin leviäminen muille kaistoille tulee kompensoitua. Koska signaalin rajoittamistarve määritetään pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta signaalista, jolloin pulssinmuokkaussuodattimen vaikutus tulee otetuksi huomioon, saadaan signaalin rajoittaminen tehokkaammaksi kuin jos rajoittamistarve olisi määritetty suodattamattomasta signaalista.

Kuvioluettelo

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

- kuvio 1 esittää esimerkkiä tietoliikennejärjestelmästä,
- kuvio 2 esittää toista esimerkkiä tietoliikennejärjestelmästä,
- kuvio 3 esittävää yhden suoritusmuodon mukaista vuokaaviota,
- kuvio 4 esittää toisen suoritusmuodon mukaista vuokaaviota,
- kuvio 5 esittää kolmannen suoritusmuodon mukaista vuokaaviota,
- kuvio 6 havainnollistaa virhevektoria,
- kuvio 7 esittää esimerkkiä rajoitinrakenteesta,
- kuvio 8 esittää toista esimerkkiä rajoitinrakenteesta,
- kuvio 9 esittää kolmatta esimerkkiä rajoitinrakenteesta,
- kuvio 10 esittää esimerkkiä lähettimestä.

Suoritusmuotojen kuvaus

Keksinnön mukainen ratkaisu soveltuu erityisesti WCDMA-radiojärjestelmään (Wide Band Code Division Multiple Access), jossa käytetään suoraohajotustekniikkaa (Direct Sequence, DS). Muita sovelluskohteita voivat olla esimerkiksi satelliittijärjestelmät, sotilaalliset tietoliikennejärjestelmät ja yksityiset, ei-solukko-verkot. Keksinnön mukainen ratkaisu ei kuitenkaan ole näihin rajoittunut.

Seuraavassa esimerkissä kuvataan keksinnön edullisia toteutusmuotoja UMTS-järjestelmässä (Universal Mobile Telephone System) keksintöä siihen kuitenkaan rajoittamatta.

Viitaten kuvioon 1 selostetaan esimerkinomaisesti matkapuhelinjärjestelmän rakennetta. Matkapuhelinjärjestelmän pääosat ovat ydinverkko (core

network) CN, matkapuhelinjärjestelmän maanpäällinen radioliittymäverkko (UMTS terrestrial radio access network) UTRAN ja tilaajapäätelaitte (user equipment) Ue. CN:n ja UTRAN:in välinen rajapinta on nimeltään Iu, ja UTRAN:in ja Ue:n välinen ilmarajapinta on nimeltään Uu.

5 UTRAN muodostuu radioverkkoalijärjestelmistä (radio network sub-system) RNS. RNS:ien välinen rajapinta on nimeltään Iur. RNS muodostuu radioverkkokontrollerista (radio network controller) RNC ja yhdestä tai useammasta B-solmusta (node B) B. RNC:n ja B:n välinen rajapinta on nimeltään Iub. B-solmun kuuluvuusaluetta eli solua merkitään kuviossa C:llä.

10 Kuviossa 1 esitetty kuvaus on melko yleisellä tasolla, joten kuviossa 2 esitetään yksityiskohtaisempi esimerkki solukkoradiojärjestelmästä. Kuvio 2 sisältää vain oleelliset lohkot, mutta alan ammattimiehelle on selvää, että tavanomaiseen solukkoradioverkkoon sisältyy lisäksi muitakin toimintoja ja rakenteita, joiden tarkempi selittäminen ei tässä ole tarpeen. Solukkoradiojärjestelmän yksityiskohdat voivat poiketa kuviossa 2 esitetyistä, mutta keksinnön kannalta näillä eroilla ei ole merkitystä.

15 Solukkoradioverkko käsittää siis tyypillisesti kiinteän verkon infrastruktuurin eli verkko-osan 200, ja tilaajapäätelaitteita 202, jotka voivat olla kiinteästi sijoitettuja, ajoneuvoon sijoitettuja tai kannettavia mukana pidettäviä päätelaitteita, kuten matkapuhelimia tai kannettavia tietokoneita, joilla on mahdollista olla yhteydessä radiotietoliikennejärjestelmään. Verkko-osassa 200 on tukiasemia 204. Tukiasema vastaa edellisen kuvion B-solmua. Useita tukiasemia 204 keskitetysti puolestaan ohjaa niihin yhteydessä oleva radioverkkokontrolleri 206. Tukiasemassa 204 on lähetinvastaanottimia 208 ja multiplekseriyksikkö 25 212.

Tukiasemassa 204 on edelleen ohjausyksikkö 210, joka ohjaa lähetinvastaanottimien 208 ja multiplekserin 212 toimintaa. Multiplekserillä 212 sijoitetaan useiden lähetinvastaanottimien 208 käyttämät liikenne- ja ohjauskanavat yhdelle siirtoyhteydelle 214. Siirtoyhteys 214 muodostaa rajapinnan Iub.

30 Tukiaseman 204 lähetinvastaanottimista 208 on yhteys antenni-yksikköön 218, jolla toteutetaan radioyhteys 216 tilaajapäätelaitteeseen 202. Radioyhteydessä 216 siirrettävien kehysten rakenne on järjestelmäkohtaisesti määritetty, ja sitä kutsutaan ilmarajapinnaksi Uu.

35 Radioverkkokontrolleri 206 käsittää ryhmäkytkentäkentän 220 ja ohjausyksikön 222. Ryhmäkytkentäkenttää 220 käytetään puheen ja datan kytkentään sekä yhdistämään signaalintipiirejä. Tukiaseman 204 ja radioverkkokontrollerin 206 muodostamaan radioverkkoalijärjestelmään 224 kuuluu lisäksi.

transkooderi 226. Transkooderi 226 sijaitsee yleensä mahdollisimman lähellä matkapuhelinkeskusta 228, koska puhe voidaan tällöin siirtokapasiteettia säästäten siirtää solukkoradioverkon muodossa transkooderin 226 ja radioverkko-kontrollerin 206 välillä.

5 Transkooderi 226 muuntaa yleisen puhelinverkon ja radiopuhelinverkon välillä käytettävät erilaiset puheen digitaaliset koodausmuodot toisilleen sopiviksi. Ohjausyksikkö 222 suorittaa puhelunohjausta, liikkuvuuden hallintaa, tilastotietojen keräystä ja signaalointia.

Kuviossa 2 kuvataan edelleen matkapuhelinkeskus 228 ja porttimatkapuhelinkeskus 230, joka hoitaa matkapuhelinjärjestelmän yhteydet ulkopuoliseen maailmaan, tässä yleiseen puhelinverkkoon 232.

Seuraavaksi selostetaan tarkemmin menetelmää signaalin rajoittamiseksi lähettimessä kuvioiden 3, 4 ja 5 avulla. Menetelmässä rajoitetaan signaalia leikkaamalla (clip) tyypillisesti teho- tai amplitudiarvoja. Menetelmän yhtä edullista suoritusmuotoa selostetaan kuvion 3 vuokaavion avulla. Menetelmän toista edullista suoritusmuotoa, jossa suoritetaan myös virhesignaalin ortogonalisointia korrelaation eli toisille käyttäjille aiheutuvan häiriön pienentämiseksi, selostetaan kuvion 4 avulla. Menetelmän edullista suoritusmuotoa, joka soveltuu monikantaaltojärjestelmiin (multiple carriers), selostetaan kuvion 5 avulla. Menetelmän kaikille edullisille suoritusmuodoille on tyypillistä se, että signaalin rajoittamistarve määritetään pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta signaalista, jolloin pulssinmuokkaussuodattimen vaikutus tulee otetuksi huomioon, mutta signaali, jota leikataan, on suodattamaton signaali. Tällöin ACLR eli viereisen kanavan vuototehosuhde (Adjacent Channel Leakage Power Ratio) minimoituu. Pulssinmuokkaussuodattimet ovat alalla hyvin tunnettuja, joten niitä ei tässä tarkemmin selosteta. Peruseriaatteena pulssinmuokkaussuodattimissa on, että halutun taajuuskaistan ulkopuoliset taajuudet suodatetaan pois häiriöiden vähentämiseksi.

Menetelmän yhden edullisen suoritusmuodon suorittaminen alkaa lohkoista 300. Lohkossa 302 määritetään rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta lähetettävästä signaalista. Tyypillisesti rajoittava signaali määritetään siten, että se käsittää teho- tai amplitudiarvot, jotka lähetettävästä signaalista halutaan leikata asetetun huippu-keskiarvosuhde-tavoitteen saavuttamiseksi. Nämä arvot voidaan määrittää monilla eri tavoilla. Teho- tai amplitudiarvoille voidaan esimerkiksi asettaa kynnysarvo. Kynnysarvon asettamisessa voidaan ottaa huomioon monia järjestelmäspesifisiä seikkoja,

joista esimerkkeinä mainittakoon virhevektorille (error vector magnitude) ennalta määritetty maksimiarvo, koodivirheelle (peak code domain error) ennalta määritetty maksimiarvo tai haluttu tehon tai amplitudin huippu-keskiarvosuhde (Peak-to-Mean Ratio, Peak-to-Average Ratio, Crest factor). Jos lähetettävää signaalia ei tarvitse rajoittaa, signaali voidaan viedä lähettimen muihin osiin, tyypillisesti RF-osiin, sellaisenaan.

Seuraavaksi selostetaan virhevektorin (error vector magnitude) määrittelyä kuvion 6 avulla. Kuviossa 6 on kuvattu yksinkertainen esimerkki signaaliavaruuskuviosta (signal space diagram), jonka avulla voidaan havainnollistaa moduloitujen symbolien keskinäistä sijaintia. Esimerkissä on kuvattu vaihemoduloidun (phase modulated) signaalin kaksiulotteinen signaaliavaruuskuvio (signal space diagram), kun modulaatiossa on neljä tasoa. Tällöin järjestelmässä on käytössä neljä erilaista signaalia tai pulssimuotoa. Kuvion 6 esimerkissä pisteet 604, 606, 608, 610 kuvaavat eri signaaleja eli signaaliavaruuskuvion tiloja. Signaaliavaruuskuvion eri tiloissa 604, 606, 608, 610 signaali saa erilaisen vaihe-eron. Tilojen määrä signaaliavaruuskuviossa vaihtelee modulaatiomenetelmästä riippuen; mitä useampi tila, sitä suurempi tiedonsiirtokyky järjestelmällä on. Signaaliavaruuskuvio voidaan esittää kuvion 6 mukaisesti yksikköympyränä, mutta myös muita esitystapoja on.

Kuviossa vaaka-akselilla 600 on moduloidun signaalin kvadratuuri-komponentti (quadrature) ja pystyakselilla 602 vaihekomponentti (in-phase). Kyseessä on siis sellainen modulaatiomenetelmä, jossa signaali jaetaan vaihe- ja kvadratuurikomponentteihin.

Ympyrät 612, 614, 616, 618 kuvaavat aluetta, jolla eri symboleita edustavat signaalit erilaisista häiriöistä (interference) johtuen todellisuudessa ovat. Signaaliavaruuskuvio muodostetaan siten, että eri signaalien, joilla on määrätyt vaihe-erot, osoitinkuviot on sijoitettu samaan kuvioon. Kuvioon 6 on merkitty yksi osoitinkuvio 620, joka kuvaa yhden signaalin amplitudia. Kulma 624 kuvaa signaalin vaihe-eroa. Esitetyn kaltainen osoitinkuvio on signaalille $A \cos(2\pi f_0 t + \phi)$, jossa A on signaalin amplitudi, f_0 keskitaajuus, t aika ja ϕ vaihe-ero.

Nuolella 622 kuvataan vektoria, joka edustaa etäisyyttä häiriöttömän symbolin sijainnin ja symbolin todellisen sijainnin välillä. Kuvion esimerkissä moduloituun signaaliin on summautunut häiriötä. Vektoria 622 kutsutaan virhevektoriksi (EVM). Virhevektori on yksi tunnetun tekniikan mukainen modulaation hyvyyden mittari.

Lohkossa 304 määritetään virhesignaali lähetettävän signaalin ja rajoittavan signaalin avulla. Virhesignaali määritetään edullisesti siten, että lohkoissa 302 määritetty rajoittava signaali vähennetään pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta lähetettävästä signaalista.

5 Seuraavaksi lohkoissa 306 muodostetaan rajoitettu lähetettävä signaali vähentämällä chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu virhesignaali sopivasti viivästetystä lähetettävästä signaalista. Lähetettävää signaalia viivästetään edullisesti saman verran, mitä rajoittavan signaalin määrittäminen ja tarvittava signaalinkäsittely vaatii aikaa. Suodattamalla chippiin sovitetulla suodattimella virhesignaali saadaan palautettua chippitasolle. Erilaiset sovitetut suodattimet ovat alan ammattilaiselle tunnettuja ja sovitetun suodattimen toteutustapa ei ole keksinnön kannalta oleellista, joten suodattimia ei tässä selosteta tarkemmin. Rajoitetusta lähetettävästä signaalista on näin poistettu liian suuret teho- tai amplitudiarvot. Saatu rajoitettu lähetettävä signaali viedään siten lähettimen muihin osiin.

Menetelmän yhden edullisen suoritusmuodon suorittaminen loppuu lohkoon 308. On huomattava, että rajoittava signaali, virhesignaali ja lähetettävä signaali ovat rajoittamisen aikana edullisesti kantataajuisia.

20 Menetelmän toista edullista suoritusmuotoa kuvataan tarkemmin kuvion 4 avulla. Menetelmässä ortogonalisoidaan signaali, joka käsittää leikatavat teho- tai amplitudiarvot. Signaalia kutsutaan tässä hakemuksessa virhesignaaliksi. Ortogonalisoinnilla pyritään pienentämään huippu-keskiarvosuhdetta. Menetelmän suorittaminen alkaa lohkoista 400.

25 Lohkossa 402 määritetään rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta lähetettävästä signaalista. Tyypillisesti rajoittava signaali määritetään siten, että se käsittää teho- tai amplitudiarvot, jotka lähetettävästä signaalista halutaan leikata. Nämä arvot voidaan määrittää monilla eri tavoilla. Teho- tai amplitudiarvoille voidaan esimerkiksi asettaa kynnysarvo. Kynnysarvon asettamisessa voidaan ottaa huomioon monia järjestelmäspesifisiä seikkoja, joista esimerkkeinä mainittakoon virhevektorille (error vector magnitude) ennalta määritetty maksimiarvo, koodivirheelle (peak code domain error) ennalta määritetty maksimiarvo tai haluttu tehon tai amplitudin huippu-keskiarvosuhde (Peak-to-Mean Ratio, Peak-to-Average Ratio, Crest factor). Jos lähetettävää signaalia ei tarvitse rajoittaa, signaali voidaan viedä lähettimen muihin osiin, tyypillisesti RF-osiin, sellaisenaan.

Lohkossa 404 määritetään virhesignaali rajoittavan signaalin ja lähetettävän signaalin avulla. Virhesignaali määritetään edullisesti siten, että rajoittava signaali vähennetään pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta lähetettävästä signaalista.

5 Lohkossa 406 ortogonalisoidaan virhesignaali. Ortogonalisoinnilla pyritään huippu-keskiarvosuhteen pienentämiseen. Ortogonalisoitava virhesignaali on chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu virhesignaali, koska näin virhesignaali saadaan palautettua chippitasolle. Erilaiset sovitetut suodattimet ovat alan ammattilaiselle tunnettuja ja sovitetun suodattimen toteutustapa ei
10 ole keksinnön kannalta oleellista, joten suodattimia ei tässä selosteta tarkemmin.

Tässä esitettävä ortogonalisointiesimerkki sopii käytettäväksi laajakaistaisessa suorahajotusjärjestelmässä (direct sequence), koska ortogonalisointiin käytettävät koodit ovat hajotuskoodoja. Ortogonalisointia voidaan
15 toteuttaa myös muissa järjestelmissä, jolloin ortogonalisointiin käytetään esimerkiksi varta vasten valittuja ortogonalisointikoodoja. Rajoittava signaali on ainakin olennaisesti valekohinasignaali (pseudo noise) eli satunnaissignaali. Matemaattisesti satunnaissignaali voidaan tunnetun tekniikan mukaisesti ortogonalisoida minimoimalla yhtälö

20

$$\left| \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{1,1} & c_{2,1} & \dots & c_{n,1} \\ c_{1,2} & c_{2,2} & \ddots & c_{n,2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{1,p} & c_{2,p} & \dots & c_{n,p} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} y_1 & y_2 & \dots & y_n \end{bmatrix} \right|, \quad (1)$$

jossa

25 x_1, \dots, x_p ovat symboleita, jotka muodostavat minimoitavan vektorin \mathbf{X} ,

p tarkoittaa ortogonalisointiin käytettävien koodien määrää,

$c_{1,1}, \dots, c_{n,p}$ ovat ortogonalisointiin käytettäviä hajotuskoodoja, jotka muodostavat koodimatriisin \mathbf{C} ,

n tarkoittaa ortogonalisoidun koodin pituutta ja

30 y_1, \dots, y_n ovat satunnaissignaalinäytteitä, jotka muodostavat vektorin \mathbf{Y} .

Pienimmän neliösumman estimaatti (least square estimate) \mathbf{X} :lle on muotoa

$$\hat{\mathbf{X}} = (\mathbf{C}^T \mathbf{C})^{-1} \mathbf{C}^T \mathbf{Y}, \quad (2)$$

5 jossa
 \mathbf{C} on hajotuskoodimatriisi,
 T tarkoittaa matriisin transpoosia,
 \mathbf{Y} on satunnaissignaalivektori.

10 Matriisi \mathbf{C} koostuu edullisesti käyttämättömistä hajotuskoodeista. Tyypillisesti järjestelmään pyritään valitsemaan hajotuskoodeja, joilla on mahdollisimman pieni ristikorrelaatio. Näin minimoidaan eri käyttäjien toisilleen aiheuttamat häiriöt. Jos matriisi \mathbf{C} koostuu vain käyttämättömistä koodeista, ei ortogonalisointi aiheuta häiriöitä muille käyttäjille.

15 On yleisesti tunnettua, että mitä pienempi on tasojen määrä modulaatiomenetelmässä, sitä suurempi on häiriönsieto. Toisaalta lähetettävän siirtonopeus kasvaa modulaatiomenetelmän tasojen määrän lisääntyessä. Täten on edullista käyttää erilaisia modulaatiomenetelmiä käyttötarkoituksesta riippuen. Mikäli radiojärjestelmässä käytetään useaa erilaista modulaatiomenetelmää, esimerkiksi käytössä on eri modulaatiomenetelmät puheelle, hitaalle ja nopealle datayhteydelle, matriisin \mathbf{C} koodeiksi voidaan valita koodeja, jotka on
 20 allokoitu pienempiasteiselle modulaatiolle.

Esimerkiksi HSDPA (High Speed Data Packet Access) sietää huonosti signaalin leikkaamista. Tällöin matriisi \mathbf{C} koostuu edullisesti niistä koodeista, joita ei ole käytetty HSDPA-signaalien hajotuksessa. Koodien pituus n asetetaan samanpituiseksi kuin HSDPA-koodit.

Koska ortogonalisointikoodeja ei yleensä käytännön järjestelmissä ole tarpeeksi ja koska koodit eri syistä eivät ole täysin korreloimattomia, haluttu huippu-keskiarvosuhteen saamiseksi lähetettävän signaalin huippuarvoja
 30 täytyy ortogonalisoinnin lisäksi leikata. Täten lohossa 408 muodostetaan rajoitettu lähetettävä signaali vähentämällä ortogonalisoitu virhesignaali sopivasti viivästetystä lähetettävästä signaalista. Lähetettävää signaalia viivästetään edullisesti saman verran, mitä rajoittavan signaalin määrittäminen ja tarvittava signaalinkäsittely vaatii aikaa. Saatu rajoitettu lähetettävä signaali viedään siten lähettimen muihin osiin.
 35

Menetelmän toinen edullinen suoritusmuoto loppuu lohkoon 410. Menetelmän toinen edullinen muoto vaatii enemmän prosessointia ja on siten hitaampi kuin ensimmäinen. Toinen sovellusmuoto sopii käytettäväksi erityisesti silloin, kun huippu-keskiarvosuhteelle (Peak-to-Mean-Average, crest factor) on asetettu tiukka raja. On huomattava, että rajoittava signaali, virhesignaali ja lähetettävä signaali ovat rajoittamisen aikana edullisesti kantataajuisia.

Menetelmän toista edullista suoritusmuotoa voidaan vielä tehostaa lisäämällä toinen leikkausaste. Tällöin määritetään lohossa 402 määritetyn ensimmäisen virhesignaalin lisäksi toinen rajoittava signaali pulssinmuokkaus-suodattimella suodatetusta ensimmäisestä rajoitetusta lähetettävästä signaalista. Tyypillisesti rajoittava signaali määritetään siten, että se käsittää teho- tai amplitudiarvot, jotka lähetettävästä signaalista halutaan leikata. Nämä arvot voidaan määrittää monilla eri tavoilla. Teho- tai amplitudiarvoille voidaan esimerkiksi asettaa kynnysarvo. Kynnysarvon asettamisessa voidaan ottaa huomioon monia järjestelmäspesifisiä seikkoja, joista esimerkkeinä mainittakoon virhevektörille (error vector magnitude) ennalta määritetty maksimiarvo, koodivirheelle (peak code domain error) ennalta määritetty maksimiarvo tai haluttu tehon tai amplitudin huippu-keskiarvosuhde (Peak-to-Mean Ratio, Peak-to-Average Ratio, Crest factor). Jos lähetettävää signaalia ei tarvitse rajoittaa, signaali voidaan viedä lähettimen muihin osiin, tyypillisesti RF-osiin, sellaiseen.

Toinen virhesignaali määritetään lohossa 408 määritetyn ensimmäisen rajoitetun lähetettävän signaalin ja toisen rajoittavan signaalin avulla. Virhesignaali määritetään edullisesti siten, että toinen rajoittava signaali vähennetään ensimmäisestä rajoitetusta lähetettävästä signaalista.

Toinen rajoitettu lähetettävä signaali muodostetaan vähentämällä chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu toinen virhesignaali sopivasti viivästetystä lähetettävästä signaalista. Lähetettävää signaalia viivästetään edullisesti saman verran, mitä rajoittavan signaalin määrittäminen ja tarvittava signaalinkäsittely vaatii aikaa. Virhesignaali saadaan palautettua chippitasolle suodattamalla se chippiin sovitetulla suodattimella. Erilaiset sovitetut suodattimet ovat alan ammattilaiselle tunnettuja ja sovitetun suodattimen toteutustapa ei ole keksinnön kannalta oleellista, joten suodattimia ei tässä selosteta tarkemmin.

Toista rajoitettua lähetettävää signaalia suodatetaan pulssinmuokkaussuodattimella. Saatu suodatettu rajoitettu lähetettävä signaali viedään sitten lähettimen muihin osiin, tyypillisesti RF-osiiin.

5 Toisen leikkausasteen lisääminen luonnollisesti lisää prosessointiaikaa ja siten se sopiikin käytettäväksi silloin, kun leikkauksen on täytettävä erityisen tarkat ehdot.

Menetelmän seuraavaksi selostettava edullinen suoritusmuoto soveltuu monikantaaaltojärjestelmiin. Menetelmän edullinen suoritusmuoto alkaa lohkoista 500. Lohkossa 502 yhdistetään ainakin kaksi eri kantaalloille modu-
10 loitua signaalia yhdistelmäsignaaliksi. Signaalien yhdistäminen toteutetaan tunnetussa tekniikassa yleensä summaamalla eri kantaalloille moduloidut signaalit yhteen. Tällöin radiolähettimenä käytetään monikantaaaltoähetintä (multicarrier transmitter). Keksinnön kannalta ei ole oleellista, kuinka yhdistäminen suoritetaan, joten sitä ei tässä tarkemmin selitetä.

15 Lohkossa 504 määritetään rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta yhdistelmäsignaalista. Tyypillisesti rajoittava signaali määritetään siten, että se käsittää teho- tai amplitudiarvot, jotka yhdistelmäsignaalista halutaan leikata. Nämä arvot voidaan määrittää monilla eri tavoilla. Teho- tai amplitudiarvoille voidaan esimerkiksi asettaa kynnysarvo. Kyn-
20 nysarvon asettamisessa voidaan ottaa huomioon monia järjestelmäspesifisiä seikkoja, joista esimerkkeinä mainittakoon virhevektorille (error vector magnitude) ennalta määritetty maksimiarvo, koodivirheelle (peak code domain error) ennalta määritetty maksimiarvo tai haluttu tehon tai amplitudin huippukeskiarvosuhde (Peak-to-Mean Ratio, Peak-to-Average Ratio, Crest factor).
25 Jos lähetettävää signaalia ei tarvitse rajoittaa, signaali voidaan viedä lähettimen muihin osiin, tyypillisesti RF-osiiin, sellaisenaan.

Lohkossa 506 määritetään virhesignaali yhdistelmäsignaalin ja rajoittavan signaalin avulla. Edullisesti virhesignaali määritetään vähentämällä rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimilla suodatetuista lähetettävästä
30 signaaleista muodostetusta yhdistelmäsignaalista.

Lohkossa 508 virhesignaali jaetaan eri kantaalloille ennalta määrättyllä tavalla. Jakaminen voidaan suorittaa esimerkiksi siten, että virhesignaali jaetaan tasan kaikille kantaalloille. Virhesignaali voidaan myös esimerkiksi jakaa eri kantaalloille siten, että virhesignaalia osoitetaan enemmän niille kantaalloille, joissa on eniten teho- tai amplitudipiikkejä. Erilaisia jakamisperusteita on useita ja sopiva valitaan kulloisenkin tilanteen mukaisesti.
35

Seuraavaksi lohkoissa 510 muodostetaan rajoitettuja lähetettäviä signaaleja vähentämällä kukin chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu virhesignaali vastaavasta sopivasti viivästetystä lähetettävästä signaalista. Rajoitetut lähetettävät signaalit määritetään edullisesti siten, että virhesignaali vähennetään sopivasti viivästetystä lähetettävästä signaalista eli ideaalisesta lähetetystä signaalista. Ideaalinen lähetetty signaali on se signaali, joka vastaanotettaisiin, mikäli lähetettävään signaaliin ei aiheutuisi radiokanavassa virheitä. Lähetettävää signaalia viivästetään edullisesti saman verran, mitä rajoittavan signaalin määrittäminen ja tarvittava signaalinkäsittely vaatii aikaa.

10 Kukin virhesignaali vähennetään siitä lähetettävästä signaalista, jonka avulla virhesignaali on määritetty.

Menetelmän tässä suoritusmuodossa voidaan muodostetaan yhdistetty rajoitettu lähetettävä signaali yhdistämällä rajoitetut lähetettävät signaalit esimerkiksi summaimella. Myös keksinnön tässä selostettuun edulliseen suoritusmuotoon voidaan liittää virhesignaalin ortogonalisointi. Monikantoaaltojärjestelmässä signaalit ortogonalisoidaan kantoaalloittain eli lohkon 508 jälkeen.

Menetelmän edullinen suoritusmuoto loppuu lohkoon 512.

Seuraavaksi selostetaan kuvion 7 avulla rajoitinrakennetta, jossa menetelmän aiemmin kuvion 3 avulla selostettua edullista suoritusmuotoa voidaan soveltaa. Symbolilla y on merkitty lähetettävä signaali, josta otetaan näytteitä näytteenottovälineissä 700. Suodatin 702 on pulssinmuokkaussuodatin, jonka ulostulosignaali on merkitty symbolilla s . Pulssimuokatut informaatio-signaalinäytteet s syötetään lohkoon 704, jossa etsitään rajoitettavia amplitudi- tai tehoarvoja. Mikäli rajoitustarvetta ei ilmene, signaalinäytettä viivästetään sen verran, mitä rajoitusprosessointi kestää viivästyslohkossa 708 ja se syötetään ulostuloon 1. Mikäli rajoitustarvetta ilmenee, signaalinäytteen rajoitettava osa eli se osa tehosta tai amplitudista, joka on liian suuri (tässä hakemuksessa tätä signaalia kutsutaan rajoittavaksi signaaliksi), muutetaan vastakkaismerkkiseksi kertoimessa 710 ja vähennetään summaimessa 712 lähetettävästä signaalista. Täten virhesignaali e saadaan kaavalla $e = s - x$. Virhesignaali viedään chippiin sovitetulle suodattimelle, jota kuviossa 7 kuvaavat lohkot 714 ja 716. Lohkossa 714 pudotetaan näytteenottotajuuutta. Chippiin sovitetut suodattimet ovat alalla yleisesti tunnettuja, joten niitä ei tässä tarkemmin selosteta.

35 Suodatettu virhesignaali vähennetään summaimessa 720 lohkoissa 718 viivästetystä lähetettävästä signaalista. Lähetettävää signaalia viivaste-

tään edellä kuvatun prosessoinnin kestoajan verran. On huomattava, että summaimeen 720 tuleva lähetettävä signaali ei ole pulssimuokattu. Seuraavaksi rajoitettu lähetettävä signaali viedään näytteenottolohkon 722 ja pulssinmuokkaussuodattimen 724 kautta muualle lähettimeen, lähinnä RF-osiin.

5 Seuraavaksi selostetaan kuvion 8 avulla rajoitinrakennetta, jossa menetelmän kuvion 4 avulla aiemmin selostettua edullista suoritusmuotoa, jossa on myös toinen leikkausaste, voidaan soveltaa. Alan ammattilaiselle on selvää, että rakennetta voidaan yksinkertaistaa poistamalla toinen leikkausaste. Tällöin prosessia nopeutetaan. Rakenne, jossa on myös toinen leikkausaste, 10 soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa signaalin rajoittamiselle on asetettu erityisen tarkat tavoitteet. Symbolilla y on merkitty lähetettävä signaali, josta otetaan näytteitä näytteenottovälineissä 800. Suodatin 802 on pulssinmuokkaussuodatin, jonka ulostulosignaali on merkitty symbolilla s . Pulssimuokatut informaatio-signaalinäytteet s syötetään lohkon 804, jossa etsitään rajoitettavia amplitudi- tai tehoarvoja. Signaalinäytteen rajoitettava osa eli se osa tehosta tai amplitu- 15 dista, joka on liian suuri (tässä hakemuksessa tätä signaalia kutsutaan ensimmäiseksi rajoittavaksi signaaliksi), muutetaan vastakkaismerkkiseksi kertomassa 806 ja vähennetään summaimessa 808 lähetettävästä signaalista. Täten ensimmäinen virhesignaali e_1 saadaan kaavalla $e_1 = s - x_1$. Ensimmäinen 20 virhesignaali viedään chippiin sovitetulle suodattimelle, jota kuviossa 8 kuvaavat lohkot 810 ja 812. Lohkossa 812 pudotetaan näytteenottotaajuutta. Chippiin sovitetut suodattimet ovat alalla yleisesti tunnettuja, joten niitä ei tässä tarkemmin selosteta.

Seuraavaksi ensimmäinen virhesignaali viedään kertoimelle 814, 25 jossa signaalista poistetaan sekoituskoodi (scrambling code) kertomalla signaali sekoituskoodin kompleksikonjugaatilla (complex conjugate). Lohko 816 on ortogonalisointilohko, jossa ensimmäinen virhesignaali ortogonalisoidaan kuvion 4 selostuksessa esitetyllä tavalla. Ortogonalisoitu ensimmäinen virhesignaali kerrotaan sekoituskoodilla kertoimessa 818.

30 Ortogonalisoitu ensimmäinen virhesignaali vähennetään summaimessa 822 lohkon 820 viivästetystä lähetettävästä signaalista. Lähetettävää signaalia viivästetään edellä kuvatun prosessoinnin kestoajan verran. Tuloksena saatu ensimmäinen rajoitettu lähetettävä signaali viedään näytteenottolohkoon 824 pulssinmuokkaussuodattimeen 826.

35 Seuraavaksi määritetään toinen rajoittava signaali ja toinen virhesignaali lohkoissa 828, 832 ja 834. Toinen rajoittava signaali ja toinen vir-

hesignaali määritetään vastaavalla tavalla kuin ensimmäinen rajoittava signaali ja ensimmäinen virhesignaali. Mikäli haluttu huippu-keskiarvosuhde saavutetaan jo ensimmäisellä rajoitetulla lähetettävällä signaalilla eli lohkoissa 828 ei löydy leikattavia teho- tai amplitudiarvoja, ei luonnollisesti määritetä toista rajoittavaa signaalia eikä toista virhesignaalia. Tällöin ensimmäinen rajoitettu lähetettävä signaali viedään viivästyslohkoon 830, jossa signaalia viivästetään toisen asteen käsittelyyn kuluvan ajan verran, ja ulostuloon 1.

Toinen virhesignaali suodatetaan myös chippiin sovitetulla suodatimella, jota lohkot 836, 838 kuvaavat. Suodatettu toinen virhesignaali vähennetään summaimessa 842 lohkoissa 840 viivästetystä lähetettävästä signaalista. Lähetettävää signaalia viivästetään edellä kuvatun prosessoinnin kestoajan verran. Saatu toinen rajoitettu lähetettävä signaali viedään näytteenottolohkon 844 ja pulssinmuokkaussuodattimen 846 kautta ulostuloon 2.

Seuraavaksi selostetaan kuvion 9 avulla rajoitinrakennetta, jossa menetelmän aiemmin kuvion 5 avulla selostettua edullista suoritusmuotoa voidaan soveltaa. Menetelmän kolmas edullinen suoritusmuoto soveltuu monikantoaaltojärjestelmiin. Kuviossa on esitetty havainnollisuuden vuoksi vain kaksi eri kantaaltoa f_1 ja f_2 . Alan ammattilaiselle on kuitenkin selvää, että kantaaltojen määrä vaihtelee sovelluskohtaisesti. Kuviossa 9 ensimmäistä lähetettävää signaalia on merkitty symbolilla y_1 ja toista symbolilla y_2 . Aluksi lähetettävä signaali y_1 näytteistetään lohkoissa 900 ja suodatetaan pulssinmuokkaussuodattimella 902 sekä lähetettävä signaali y_2 näytteistetään lohkoissa 904 ja suodatetaan pulssinmuokkaussuodattimella 906. Sen jälkeen kumpikin lähetettävä signaali ylössekoitetaan (up convert) välitaajuuksille (intermediate frequency) kertojilla 908 ja 910. Välitaajuiset lähetettävät signaalit yhdistetään summaimella 912.

Varsinainen rajoitus tehdään kantataajuiselle pulssimuokatulle yhdistetylle lähetettävälle signaalille s . Lohkoissa 914 etsitään rajoitettavia amplitudi- tai tehoarvoja. Mikäli rajoitustarvetta ei ilmene, signaalinäytettä viivästetään sen verran, mitä rajoitusprosessointi kestää viivästyslohkossa 916 ja se syötetään ulostuloon 1. Signaalinäytteen rajoitettava osa eli se osa tehosta tai amplitudista, joka on liian suuri (tässä hakemuksessa tätä signaalia kutsutaan rajoittavaksi signaaliksi, x), muutetaan vastakkaismerkkiseksi kertoimessa 918 ja vähennetään summaimessa 920 lähetettävästä signaalista. Täten virhesignaali e saadaan kaavalla $e = s - x$.

Virhesignaali jaetaan lohossa 922 eri kantaaloille eli eri lähetettävälle signaaleille. Jakoperusteita on selostettu edellä kuvion 5 yhteydessä. Jaetut virhesignaalit alassekoitetaan kantataajuudelle kertoimissa 924, 926. Virhesignaali suodatetaan chippiin sovitetuilla suodattimilla, jota kuvaavat lohkot 5 928, 932 sekä 930, 934.

Ensimmäisen kantaallon lähetettävälle signaalille osoitettu osa virhesignaalista vähennetään ensimmäisestä kantataajuisesta lähetettävästä signaalista summaimessa 948. Ensimmäistä virhesignaalia on ensin viivästetty kuluneen prosessointiajan verran viivelohkossa 946. Toisen kantaallon lähetettävälle signaalille osoitettu osa virhesignaalista vähennetään toisesta kantataajuisesta lähetettävästä signaalista summaimessa 938. Toista virhesignaalia on ensin viivästetty kuluneen prosessointiajan verran viivelohkossa 936. Rajoitetut lähetettävät signaalit näytteistetään lohkoissa 940, 950 ja suodatetaan pulssimuokkaussuodattimilla 942, 952. Sen jälkeen signaalit ylössekoitetaan välitaajuudelle kertoimissa 944, 956. Välitaajuiset rajoitetut ja pulssimuokatut 15 lähetettävät signaalit summataan lähettämistä varten summaimessa 954 ja vietään ulostuloon 2. Haluttaessa virhesignaalin ortogonalisointi suoritetaan kantaaloittain eli ennen summaimia 938 ja 948.

Keksintöä selostetaan seuraavaksi viitaten kuvioon 10, jossa esitetään havainnollisuuden vuoksi yksinkertaistettu esimerkki tukiaseman lähettimestä lohokkaaviotasolla erään suoritusmuodon avulla. Alan ammattilaiselle on selvää, että lähetin voi sisältää myös muita osia kuin ne, jotka on kuvattu kuvioon 10 liittyen.

Signaalinkäsittelylohko 1000 kuvaa tukiaseman niitä laiteosia, jotka 25 tarvitaan käyttäjän puheen tai datan muodostamiseksi lähettimessä. Symbolista, eli yhdestä tai useammasta bitistä, koostuvaa informaatiojonoa eli signaalia käsitellään lähettimessä eri tavoin. Signaalinkäsittely, johon luetaan esimerkiksi koodaus, toteutetaan yleensä DSP-prosessorissa (DSP = Digital Signal Processing). Mikäli järjestelmässä lähetys on kehysmuotoista kehysten (frame) koostuessa aikaväleistä (time slot), kehysten muodostaminen suoritetaan tyypillisesti DSP-prosessorissa, samoin kuin symbolien lomitus (interleaving). Signaalin koodauksella ja lomituksella pyritään varmistumaan siitä, että 30 lähetetty informaatio pystytään palauttamaan vastaanottimessa, vaikka kaikkia informaatiobittejä ei pystyittäisikään vastaanottamaan.

35 Lohkossa 1002 signaali moduloidaan halutulla modulaatiomenetelmällä. Modulaatiomenetelmiä voi olla käytössä yksi tai usea riippuen järjestel-

mästä, esimerkiksi puheelle ja datalle voi olla omat modulaatiomenetelmänsä. Modulaatiossa valittua kantaaltoa moduloidaan datalla siten, että haluttu kantaallon ominaisuus, taajuus, amplitudi ja/tai vaihe, siirtää informaatiota radio-kanavassa. Modulaatiomenetelmiä on kuvattu alan kirjallisuudessa.

- 5 Lohko 1004 kuvaa lähetettävälle informaatiolle suorahajotushajasppektrijärjestelmissä (direct sequence) tehtävää hajotuskoodilla kertomista, jolla kapeakaistainen signaali levitetään laajalle kaistalle. Lähetettävän signaalin rajoittaminen suoritetaan lohkoissa 1006, joka käsittää jonkin kuviossa 7, 8 tai 9 kuvatuista rajoitinrakenteista. Edullisesti lohkoa 1006 ohjaa kontrollilohko 210.
- 10 Kontrollilohko voi olla esimerkiksi sama, kuin koko tukiaseman toimintaa ohjaava lohko. Kontrollilohkon ja puskurimuistin 1012 avulla voidaan esimerkiksi määrittää kynnys, jonka ylittävät teho- tai amplitudiarvot leikataan. Lohko 1006 voi myös käsittää useita kuvioissa 7, 8 ja 9 esitetyistä rakenteista, jolloin kontrollilohko ohjaa rajoitinrakenteen valintaa: esimerkiksi, jos tarvitaan orto-
- 15 gonalisointia, valitaan kuvion 8 rakenne, muutoin esimerkiksi kuvion 7 rakenne.

Signaalin muuttaminen digitaalisesta analogiseen muotoon suoritetaan lohkoissa 1008. RF-osissa 1010 signaali ylössekoitetaan valitulle lähetystaajuudelle, vahvistetaan ja tarvittaessa suodatetaan. Antenni 218 voi olla yksittäinen antenni tai useammasta antennielementistä koostuva ryhmäantenni.

- 20 Keksintö toteutetaan edullisesti ohjelmallisesti, jolloin tyypillisesti tukiasemassa 204 on mikroprosessori, jossa toimivana ohjelmistona kuvatun menetelmän mukaiset toiminnot toteutetaan. Alan ammattilaiselle on selvää, että menetelmän mukaiset toiminnot lähetettävän signaalin rajoittamiseksi voidaan toteuttaa myös hajautetussa järjestelmässä, jolloin esimerkiksi leikkauskynnyksen asettaminen suoritetaan radioverkkokontrollerissa ja itse leikkaaminen tukiasemassa. Keksintö voidaan myös toteuttaa esimerkiksi vaadittavan toiminnollisuuden tarjoavilla laitteistoratkaisuilla, esimerkiksi ASIC:na (Application Specific Integrated Circuit) tai erillisiä logiikkakomponentteja hyödyntäen.
- 25

- 30 Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten mukaiseen esimerkkiin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten esittämän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä signaalin rajoittamiseksi lähettimessä chippitasolla, tunnettu siitä, että:

(302) määritetään rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta lähetettävästä signaalista,

(304) määritetään virhesignaali lähetettävän signaalin ja rajoittavan signaalin avulla,

(306) muodostetaan rajoitettu lähetettävä signaali vähentämällä chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu virhesignaali lähetettävästä signaalista.

2. Menetelmä signaalin rajoittamiseksi lähettimessä chippitasolla, tunnettu siitä, että:

(402) määritetään rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta lähetettävästä signaalista,

(404) määritetään virhesignaali lähetettävän signaalin ja rajoittavan signaalin avulla,

(406) ortogonalisoidaan chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu virhesignaali,

(408) muodostetaan rajoitettu lähetettävä signaali vähentämällä ortogonalisoitu virhesignaali lähetettävästä signaalista.

3. Menetelmä signaalin rajoittamiseksi lähettimessä chippitasolla, tunnettu siitä, että:

(502) yhdistetään ainakin kaksi eri kantoaalloille moduloitua signaalia yhdistelmäsignaaliksi,

(504) määritetään rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta yhdistelmäsignaalista,

(506) määritetään virhesignaali yhdistelmäsignaalin ja rajoittavan signaalin avulla,

(508) jaetaan virhesignaali eri kantoaalloille ennalta määrätyllä tavalla,

(510) muodostetaan rajoitettuja lähetettäviä signaaleja vähentämällä kukin chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu virhesignaaliosta vastavasta lähetettävästä signaalista.

4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että lähetettävä signaali on kantataajuinen signaali.

5. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että rajoittava signaali on kantataajuinen signaali

6. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että virhesignaali on kantataajuinen signaali.

5 7. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että rajoittava signaali määritetään teho- tai amplitudiarvoille asetettavan kynnsarvon avulla.

8. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että rajoittava signaali määritetään teho- tai amplitudiarvoille asetettavan kynnsarvon avulla, joka kynnsarvo asetetaan ottaen huomioon virhevektorille (error vector magnitude) ennalta määritetty maksimiarvo.

9. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että rajoittava signaali määritetään teho- tai amplitudiarvoille asetettavan kynnsarvon avulla, joka kynnsarvo asetetaan ottaen huomioon koodivirheelle (peak code domain error) ennalta määritetty maksimiarvo.

10. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että rajoittava signaali määritetään teho- tai amplitudiarvoille asetettavan kynnsarvon avulla, joka kynnsarvo asetetaan siten, että saavutetaan haluttu tehon tai amplitudin huippu-keskiarvosuhde (Peak-to-Mean Ratio, Peak-to-Average Ratio, Crest factor).

11. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että lisätään toinen leikkausaste.

12. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että ortogonalisointi suoritetaan minimoimalla yhtälö

$$25 \quad \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{1,1} & c_{2,1} & \dots & c_{n,1} \\ c_{1,2} & c_{2,2} & \ddots & c_{n,2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{1,p} & c_{2,p} & \dots & c_{n,p} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} y_1 & y_2 & \dots & y_n \end{bmatrix}.$$

13. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että ortogonalisoinnissa hyödynnetään käyttämättömiä koodeja.

14. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että ortogonalisoinnissa hyödynnetään matalampiasteisessa modulaatiossa käytettyjä koodeja.

15. Patenttivaatimuksen 2 tai 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että virhesignaalin ortogonalisointi suoritetaan kantoaalloittain.

16. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että virhesignaali jaetaan eri kantoaalloille tasan.

17. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä , t u n n e t t u siitä, että virhesignaali jaetaan eri kantoaalloille leikattavien teho- tai amplitudiarvojen suhteessa.

18. Signaalia chippitasolla rajoittava lähetin, t u n n e t t u siitä, että: lähetin käsittää välineet (704) määrittää rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta lähetettävästä signaalista,

10 lähetin käsittää välineet (704, 710, 712) määrittää virhesignaali lähetettävän signaalin ja rajoittavan signaalin avulla,

lähetin käsittää välineet (720) muodostaa rajoitettu lähetettävä signaali vähentämällä chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu virhesignaali lähetettävästä signaalista,

15 lähetin käsittää välineet (722, 724) suodattaa rajoitettua lähetettävää signaalia pulssinmuokkaussuodattimella.

19. Signaalia chippitasolla rajoittava lähetin, t u n n e t t u siitä, että: lähetin käsittää välineet (804) määrittää ensimmäinen rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta lähetettävästä signaalista,

20 lähetin käsittää välineet (804, 806, 808) määrittää ensimmäinen virhesignaali lähetettävän signaalin ja ensimmäisen rajoittavan signaalin avulla,

lähetin käsittää välineet (816) ortogonalisoida chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu ensimmäinen virhesignaali,

25 lähetin käsittää välineet (822) muodostaa ensimmäinen rajoitettu lähetettävä signaali vähentämällä ortogonalisoitu ensimmäinen virhesignaali lähetettävästä signaalista,

lähetin käsittää välineet (828) määrittää toinen rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta ensimmäisestä rajoitetusta lähetettävästä signaalista,

30 lähetin käsittää välineet (828, 832, 834) määrittää toinen virhesignaali ensimmäisen rajoitetun lähetettävän signaalin ja toisen rajoittavan signaalin avulla,

lähetin käsittää välineet (842) muodostaa toinen rajoitettu lähetettävä signaali vähentämällä chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu toinen virhesignaali lähetettävästä signaalista,

35 lähetin käsittää välineet (844, 846) suodattaa toista rajoitettua lähetettävää signaalia pulssinmuokkaussuodattimella.

20. Signaalia chippitasolla rajoittava lähetin, t u n n e t t u siitä, että:
lähetin käsittää välineet (912) yhdistää ainakin kaksi eri kantoaalloille moduloitua signaalia yhdistelmäsignaaliksi,

5 lähetin käsittää välineet (914) määrittää rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta yhdistelmäsignaalista,

lähetin käsittää välineet (914, 918, 920) määrittää virhesignaali yhdistelmäsignaalin ja rajoittavan signaalin avulla,

lähetin käsittää välineet (922) jakaa virhesignaali eri kantoaalloille ennalta määrätyllä tavalla,

10 lähetin käsittää välineet (938, 948) muodostaa rajoitettuja lähetettäviä signaaleja vähentämällä kukin chippiin sovitetulla suodattimella suodatettu virhesignaaliosta vastaavasta lähetettävästä signaalista,

lähetin käsittää välineet (940, 942, 950, 952) suodattaa rajoitettuja lähetettäviä signaaleja pulssinmuokkaussuodattimilla,

15 lähetin käsittää välineet (954) muodostaa yhdistetty rajoitettu lähetettävä signaali yhdistämällä suodatetut rajoitetut lähetettävät signaalit.

21. Patenttivaatimuksen 18, 19 tai 20 mukainen lähetin, t u n n e t t u siitä, että lähetettävä signaali on kantataajuinen signaali.

22. Patenttivaatimuksen 18 tai 19 mukainen lähetin, t u n n e t t u siitä, että rajoittava signaali on kantataajuinen signaali

23. Patenttivaatimuksen 18 tai 19 mukainen lähetin, t u n n e t t u siitä, että virhesignaali on kantataajuinen signaali.

24. Patenttivaatimuksen 18, 19 tai 20 mukainen lähetin, t u n n e t t u siitä, että lähetin käsittää välineet (704, 804, 828, 914) määrittää rajoittava signaali teho- tai amplitudiarvoille asetettavan kynnsarvon avulla.

25. Patenttivaatimuksen 18, 19 tai 20 mukainen lähetin, t u n n e t t u siitä, lähetin käsittää välineet (704, 804, 828, 914) määrittää rajoittava signaali teho- tai amplitudiarvoille asetettavan kynnsarvon avulla, joka kynnsarvo asetetaan ottaen huomioon virhevektorille (error vector magnitude) ennalta määritetty maksimiarvo.

26. Patenttivaatimuksen 18, 19 tai 20 mukainen lähetin, t u n n e t t u siitä, että lähetin käsittää välineet (704, 804, 828, 914) määrittää rajoittava signaali teho- tai amplitudiarvoille asetettavan kynnsarvon avulla, joka kynnsarvo asetetaan ottaen huomioon koodivirheelle (peak code domain error) ennalta määritetty maksimiarvo.

27. Patenttivaatimuksen 18, 19 tai 20 mukainen lähetin, t u n n e t -
t u siitä, että lähetin käsittää välineet (704, 804, 828, 914) määrittää rajoittava
signaali teho- tai amplitudiarvoille asetettavan kynnyksarvon avulla, joka kyn-
nysarvo asetetaan siten, että saavutetaan haluttu tehon tai amplitudin huippu-
5 keskiarvosuhde (Peak-to-Mean Ratio, Peak-to-Average Ratio, Crest factor).

28. Patenttivaatimuksen 19 tai 20 mukainen lähetin, t u n n e t t u
siitä, että virhesignaalin ortogonalisointi suoritetaan kantoaalloittain.

29. Patenttivaatimuksen 20 mukainen lähetin, t u n n e t t u siitä, et-
tä lähetin käsittää välineet (922) jakaa virhesignaali eri kantoaalloille tasan.

10 30. Patenttivaatimuksen 20 mukainen lähetin, t u n n e t t u siitä, et-
tä lähetin käsittää välineet (922) jakaa virhesignaali eri kantoaalloille leikattavi-
en teho- tai amplitudiarvojen suhteessa.

31. Patenttivaatimuksen 19 mukainen lähetin, t u n n e t t u siitä, et-
tä lähetin käsittää välineet (816) suorittaa ortogonalisointi minimoimalla yhtälö

$$15 \quad \left[\begin{array}{cccc} x_1 & x_2 & \dots & x_p \end{array} \right] \begin{bmatrix} c_{1,1} & c_{2,1} & \dots & c_{n,1} \\ c_{1,2} & c_{2,2} & \ddots & c_{n,2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{1,p} & c_{2,p} & \dots & c_{n,p} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} y_1 & y_2 & \dots & y_n \end{bmatrix}.$$

32. Patenttivaatimuksen 19 mukainen lähetin, t u n n e t t u siitä, et-
tä lähetin käsittää välineet (816) suorittaa ortogonalisointi hyödyntämällä käyt-
tämättömiä koodeja.

20 33. Patenttivaatimuksen 19 mukainen lähetin, t u n n e t t u siitä, et-
tä lähetin käsittää välineet (816) suorittaa ortogonalisointi hyödyntämällä mata-
lampiasteisessa modulaatiossa käytettyjä koodeja.

(57) Tiivistelmä

Keksintö koskee menetelmää ja lähetintä signaalin rajoittamiseksi chippitasolla. Signaalia chippitasolla rajoittava lähetin käsittää välineet (704) määrittää rajoittava signaali pulssinmuokkaussuodattimella suodatetusta lähetettävästä signaalista, lähetin käsittää välineet (704, 710, 712) määrittää virhesignaali lähetettävän signaalin ja rajoittavan signaalin avulla, lähetin käsittää välineet (720) muodostaa rajoitettu lähetettävä signaali vähentämällä chippiin sovitulla suodattimella suodatettu virhesignaali lähetettävästä signaalista ja lähetin käsittää välineet (722, 724) suodattaa rajoitettua lähetettävää signaalia pulssinmuokkaussuodattimella.

(Kuvio 7)

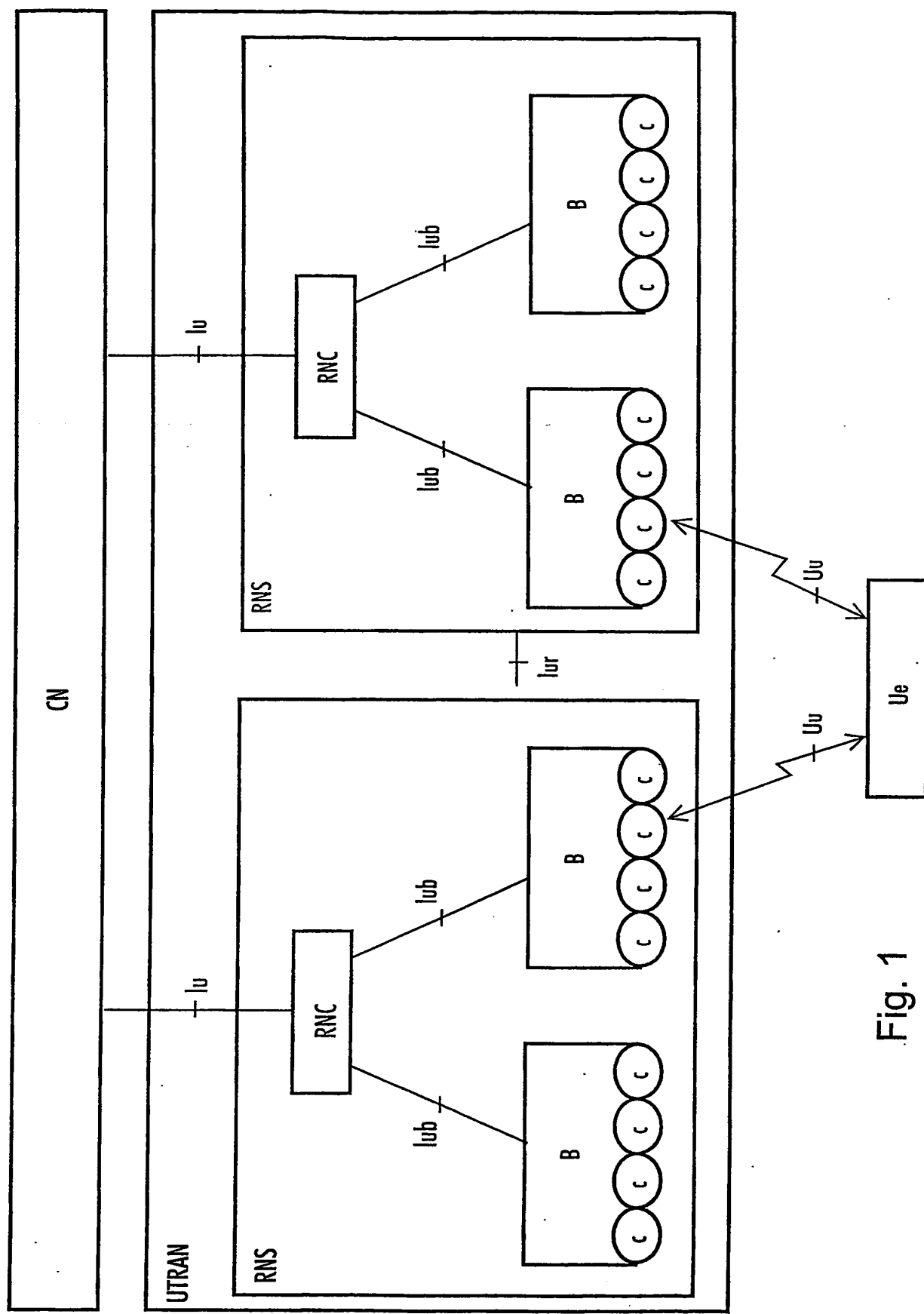


Fig. 1

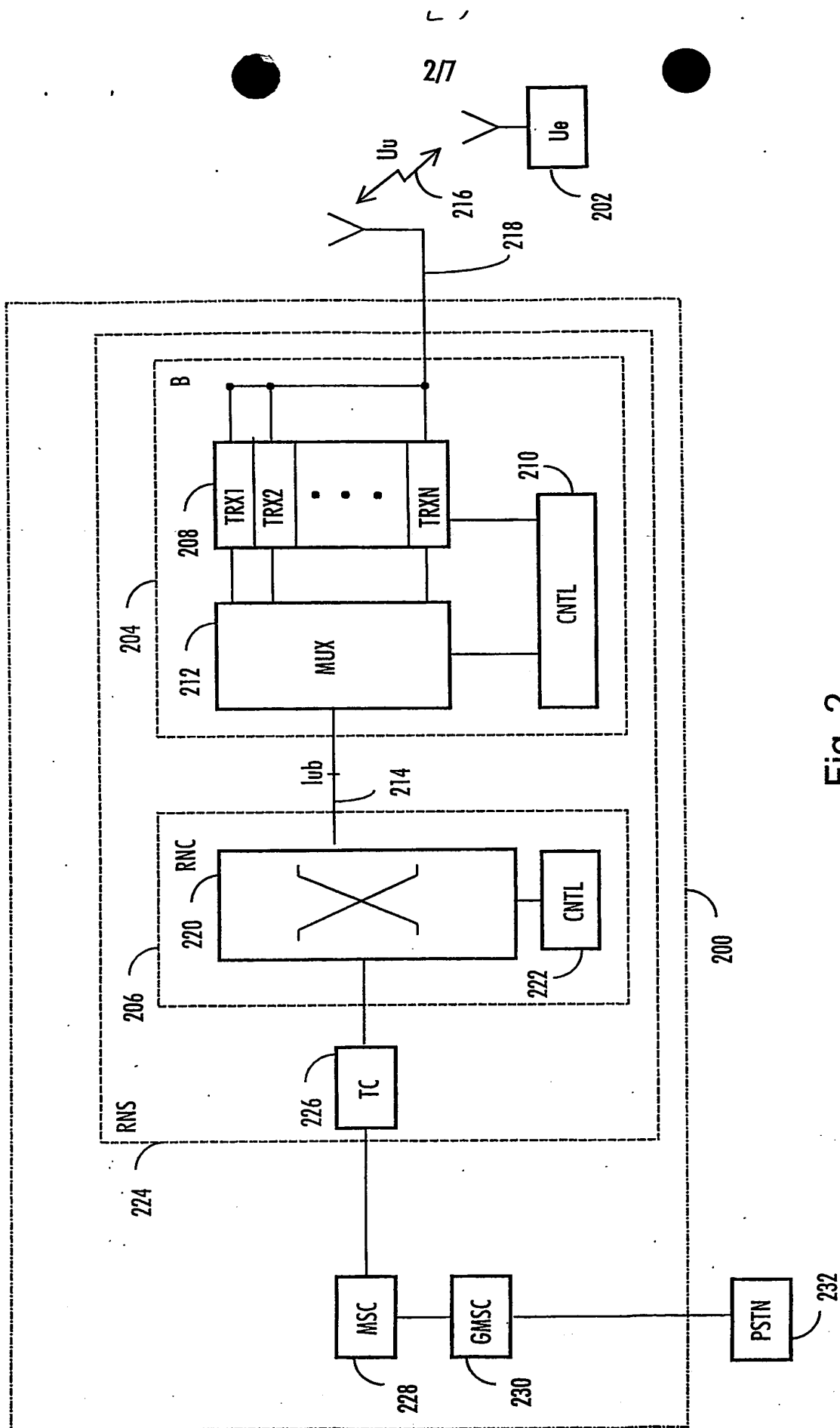


Fig. 2

Fig. 4

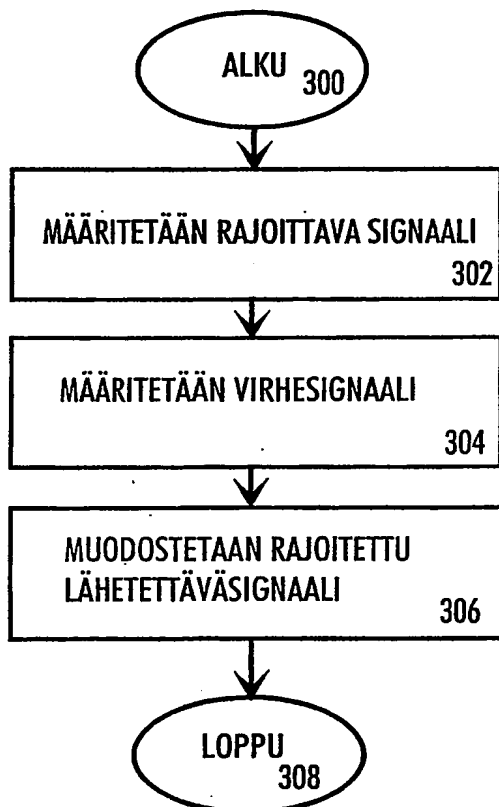
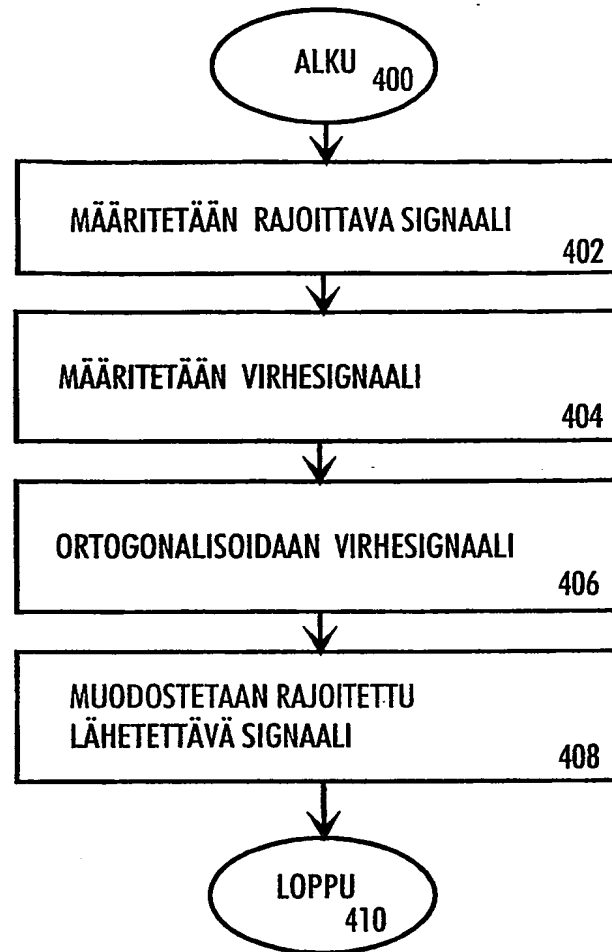


Fig. 3



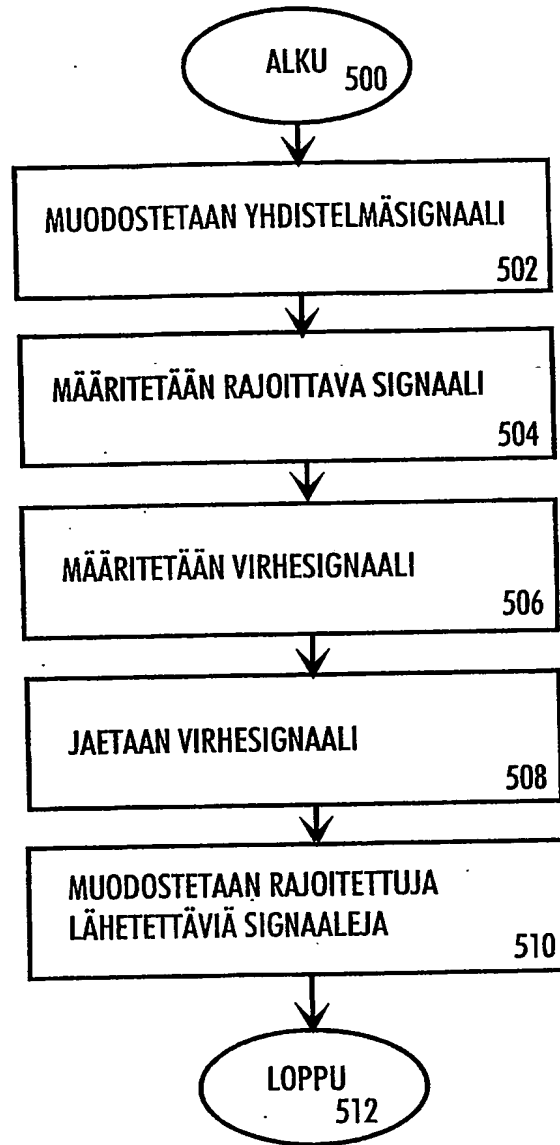


Fig. 5

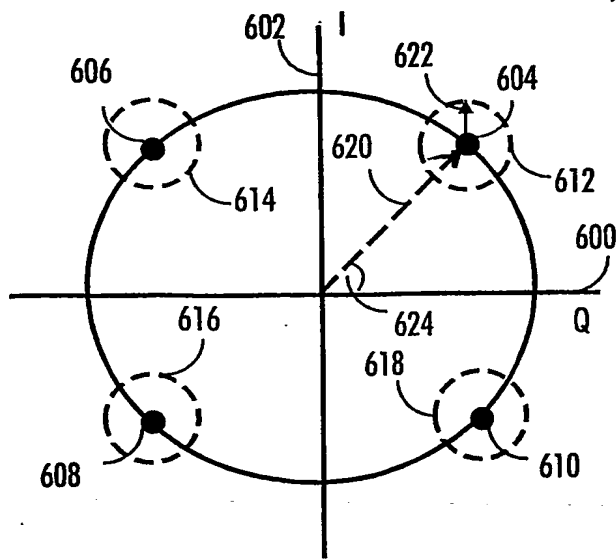


Fig. 6

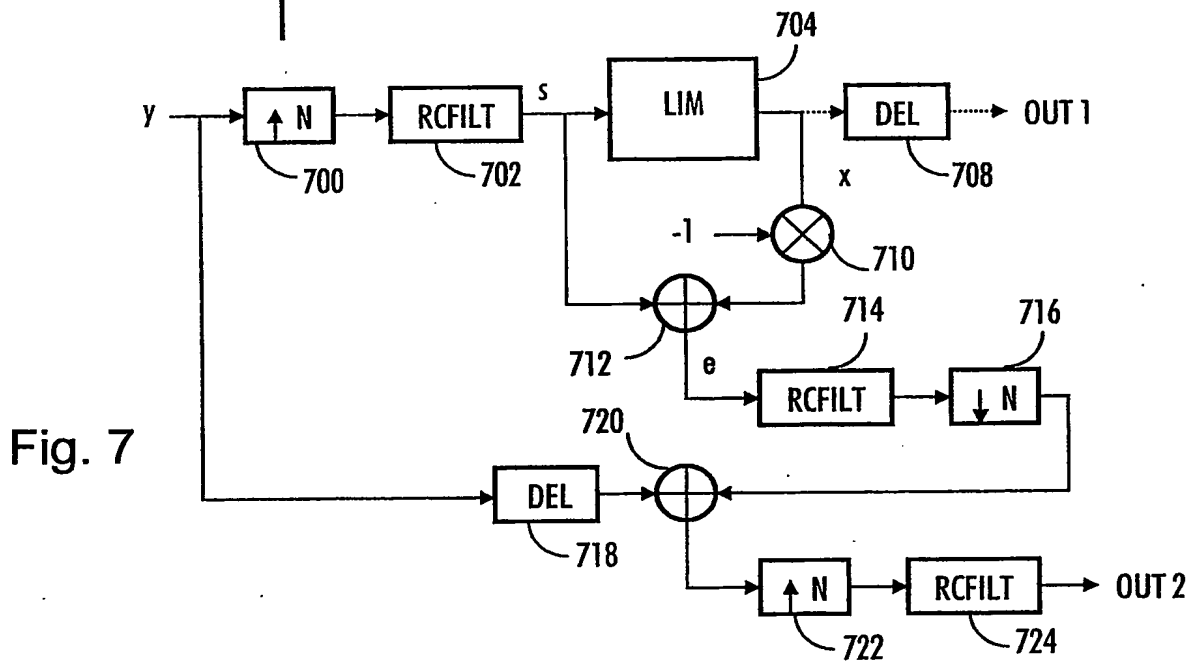


Fig. 7

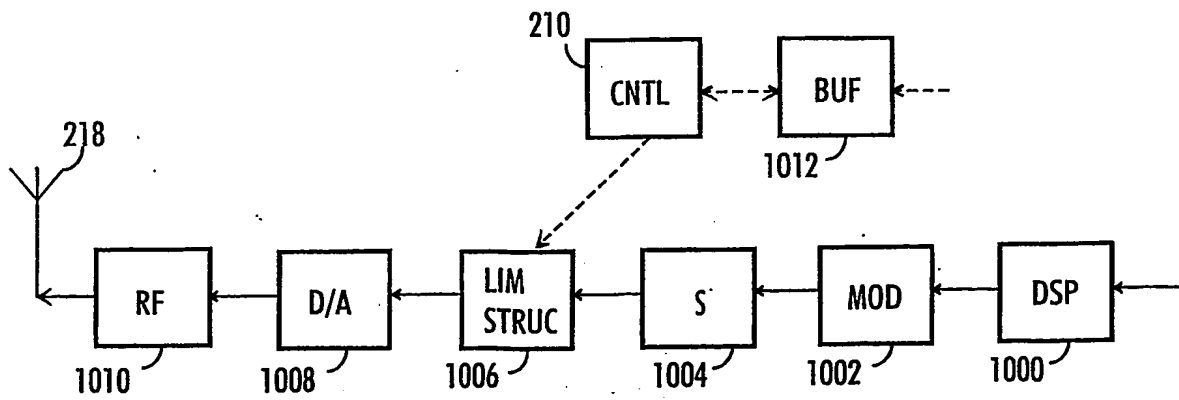


Fig. 10

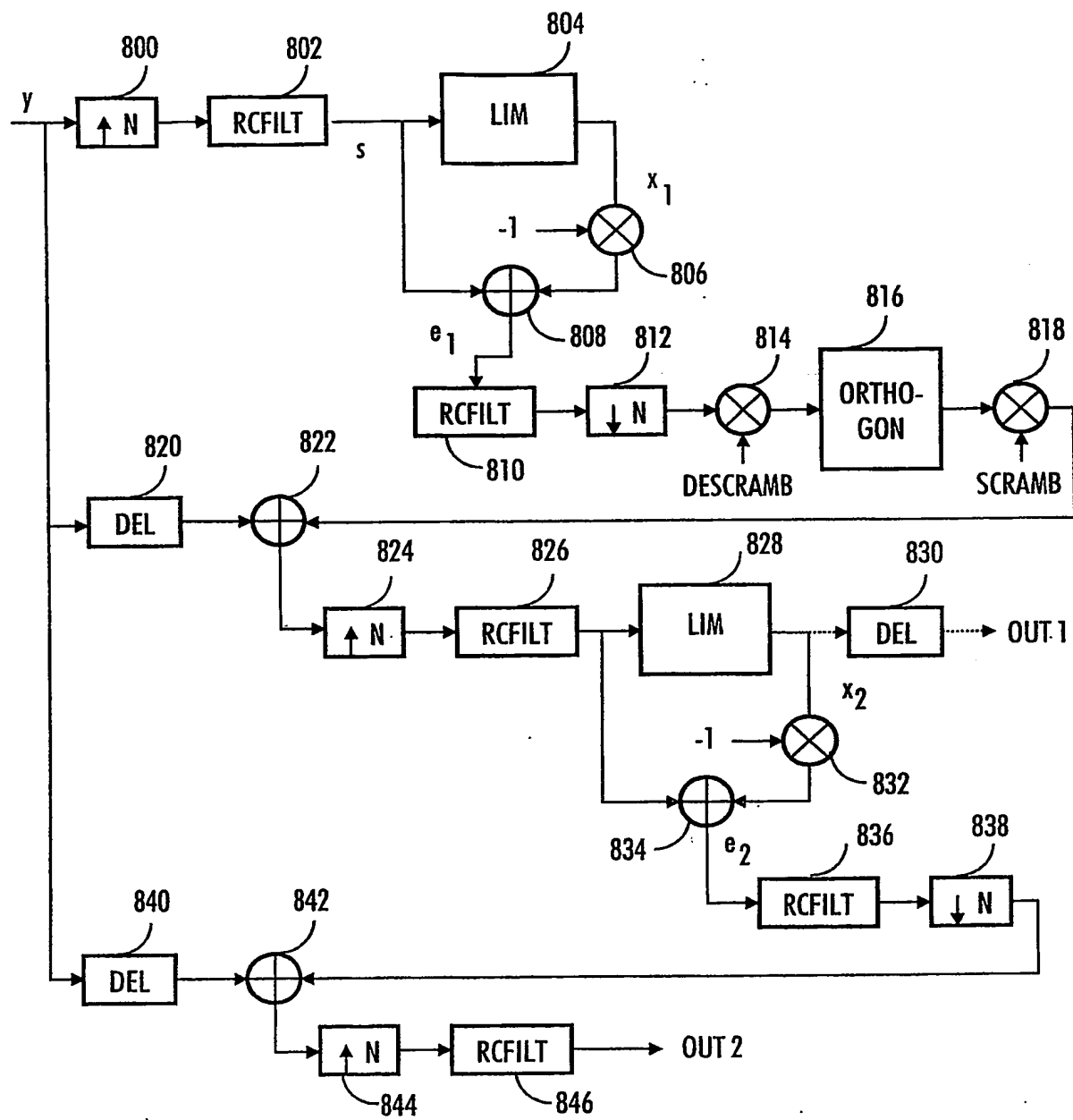


Fig. 8

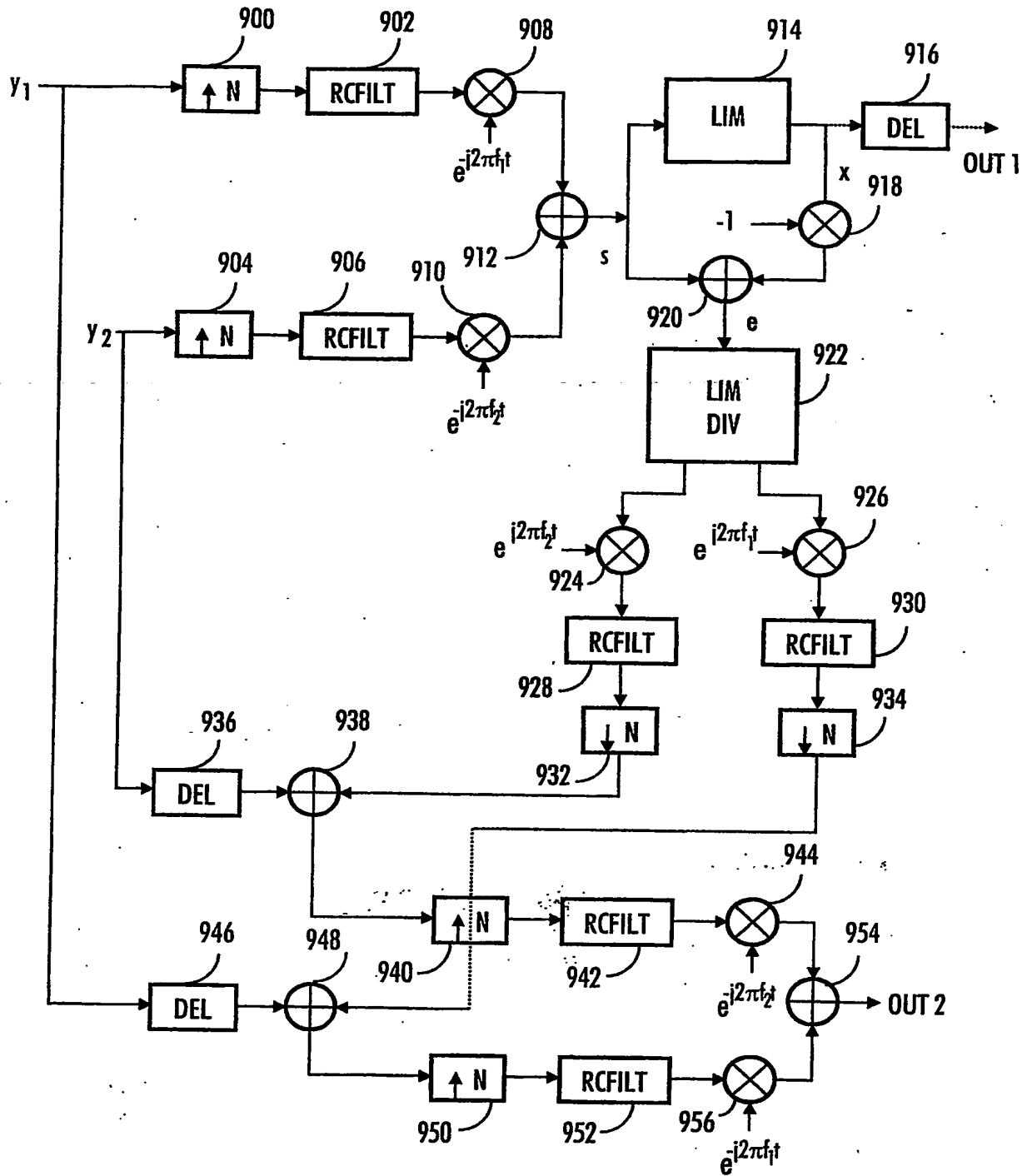


Fig. 9